

Merenkulkulaitoksen julkaisuja 4/2002

Vesiliikenteen aluskohtaisten päästökustannusten yksikköarvot

Päivitys 2002



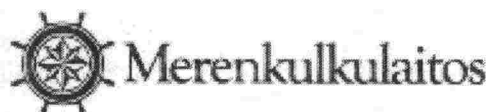
Helsinki 2002
ISBN 951-49-0955-0
ISSN 1456-7814

Merenkulkulaitoksen julkaisuja 4/2002



Vesiliikenteen aluskohtaisten päästökustannusten yksikköarvot

Päivitys 2002



Helsinki 2002
ISBN 951-49-0955-0
ISSN 1456-7814



Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Electrowatt-Ekono Oy		Julkaisun laji tutkimus	
Kari Hämekoski ja Juha Tervonen		Toimeksiantaja Merenkulkulaitos, Väylä- ja satamatoimisto	
		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi Vesiliikenteen aluskohtaisten päästökustannusten yksikköarvot. Päivitys 2002.			
Tiivistelmä Tässä työssä on määritelty vesiliikenteen ilmapäästöjen alustyyppikohtaiset yksikkökustannukset sekä pohdittu määrittämisen kehittämistarpeita. Yksikkökustannukset on arvioitu keskeisimmille päästökomponenteille, tarkastellen niitä erikseen ilman kasvihuonekaasujen (CO ₂) vaikutusta sekä sen kanssa. Ilmapäästöjen yksikkökustannuksia tarvitaan vesiväylähankkeiden yhteiskuntataloudellisessa kannattavuusarvioinnissa, vesiliikenteen päästökustannusten arvioinnissa yleisesti sekä vesiliikenteen ja muiden liikennemuotojen aiheuttamien päästökustannusten vertailemisessa. Tätä työtä edelsi vuonna 2000 tehty selvitys 'Suomen vesiliikenteen päästöjen ympäristövaikutusten kustannukset', jossa arvioitiin vesiliikenteen päästökustannuksia koko liikennemuodon tasolla. Nyt tarkastelua on tarkennettu alustyyppien ja reitin osien mukaan. Alustyyppikohtainen tarkastelu on nyt aiempaa paremmin mahdollista, koska MEERI 2000 – järjestelmässä vesiliikenteen päästökertoimia on määritelty alustyypeille sekä eri moottorityypeille. Ilmapäästöjen yksikkökustannukset on määritelty rahtialusliikenteelle sisävesiväylillä, satamissa, rannikkoväylillä sekä Eurooppaan suuntautuvilla reiteillä. Rahtialuksia on käsitelty keskimääräisten päästöjä aiheuttavien ominaisuuksien mukaan seuraavissa luokissa: kuivabulk-alukset, konttialukset, konventionaaliset kuivalastialukset, ro-ro-alukset sekä säiliöalukset. Suoriteyksikkönä on käytetty <i>mk/vrk</i> , koska myös muut aluskustannukset on määritetty hankearviointia varten samoin. Keskeisiä päästökustannukseen vaikuttavia tekijöitä ovat aluksen koko, konetehto ja -tyyppi, päästökertoimet sekä polttoaineen laatu. Ilmapäästöjen yksikkökustannukset on mahdollista määritellä nykytiedon pohjalta suhteellisen luotettavasti alustyypeittäin keskimääräisesti sisävesi- ja rannikkoväylille. Satamakustannukset voidaan myös määritellä suuntaa-antavasti, mutta avomeriväyliä koskevien kustannusten määrittämiseen liittyy huomattavia epävarmuuksia. Avomeriväylille ei ole käytettävissä yhteneväisesti arvioituja eri päästökomponenttien haittakustannuksia (mk/t). Lisäksi erittäin pitkien reittien osalta kohdataan väylän sijainnin vuoksi myös haittojen arvottamisongelmia. Yksikkökustannusten määrittely on suuntaa-antavasti mahdollista, mikäli tyydytään karkeahkoihin yleistyksiin eri päästökomponenttien haittakustannuksista Euroopan liikenteessä. Työssä päädyttiinkin arvioimaan aluskohtaiset yksikkökustannukset suuntaa-antavasti 'avomeriliikenteelle Euroopassa', mutta ei 'globaalissa liikenteessä'. Jatkossa olisi mahdollista arvioida alustyyppikohtaiset ilmapäästöjen yksikkökustannukset myös matkustaja-aluksille. Yksikköarvojen määrittämistä voidaan edelleen kehittää jatkossa mm. reittikohtaisella mallintamisella <i>EcoSense</i> -mallin avulla. Yksikkökustannuksia olisi mahdollista määrittää nykyistä yksityiskohtaisemmin yhä useammille alus- ja väylätyypeille. Lisäanalyysillä, mm. leviämismallinnuksilla, voitaisiin edelleen parantaa tulosten edustavuutta.			
Avainsanat (asiasanat) vesiliikenne, ympäristökustannukset, yksikkökustannukset, päästökustannukset, ilmapäästöt			
Muut tiedot			
Sarjan nimi ja numero Merenkulkulaitoksen julkaisuja 4/2002		ISSN 1456-7814	ISBN 951-49-0955-0
Kokonaissivumäärä 27	Kieli suomi	Hinta 17 €	Luottamuksellisuus julkinen
Jakaja Merenkulkulaitos		Kustantaja Merenkulkulaitos	

ESIPUHE

Electrowatt-Ekono Oy (Gynther ym., 2000) on tehnyt Merenkululaitokselle aiemmin selvityksen 'Suomen vesiliikenteen päästöjen ympäristövaikutusten kustannukset'¹, jossa arvioitiin vesiliikenteen päästökustannuksia koko liikennemuodon tasolla. Väylä-hankkeiden kannattavuusarvioinnissa sekä eri liikennemuotojen ympäristökustannusten vertailussa tarvitaan myös alustypeille suoritekohtaisia päästökustannustietoja.

Merenkululaitos (MKL) antoi Electrowatt-Ekono Oy:n ympäristökonsultointi ja ilmas-tostrategiat -osastolle huhtikuussa 2001 toimeksi arvioida vesiliikenteen ilmapäästöjen alustyyppikohtaisten yksikkökustannusten määrittämistä ja kehittämistarpeita sekä arvi-oida yksikkökustannukset olemassa olevan aineiston sallimissa rajoissa.

Työ jakautui kahteen vaiheeseen: ensin käytiin läpi olemassa oleva materiaali ja lask-ettiin alustavia yksikkökustannuksia. Toisessa vaiheessa saatiin käyttöön EP-Logistics'in Merenkululaitoksen toimeksiannosta laskemat alustyyppittaiset lähtötiedot tarkempien yksikkökustannusten määrittelyyn (€/vrk). Lisäksi arvioitiin jatkoselvitystarpeita.

Raportin kirjoittivat johtava konsultti MMM Kari Hämekoski ja projektipäällikkönä toi-minut konsultti KTM Juha Tervonen. Työ vastuullisena johtajana toimi johtaja DI Tomas Otterström. Tilaajan puolelta yhteyshenkilönä ja työn koordinaattorina toimi tutkija Em-mi Saarinen Merenkululaitoksen väylä- ja satamatoimistosta. Työtä ohjasi ja kommentoi DI Jouko Vuoristo kartta- ja väyläyksiköstä. EP-Logistics'ista työtä avusti Aki Siito-nen.

¹ Merenkululaitoksen julkaisuja 3/2000

SISÄLLYSLUETTELO

1	<u>JOHDANTO</u>	4
2	<u>VESILIIKENTEEEN ILMAPÄÄSTÖJEN YMPÄRISTÖKUSTANNUSTEN YLEINEN MÄÄRITTELY</u>	5
2.1	<u>TAUSTA-AINEISTOT</u>	5
2.2	<u>ARVOTTAMISMENETELMÄ</u>	6
2.3	<u>AIKAISEMMAT VAIKUTUSARVIOINNIT SUHTEESSA TÄHÄN TYÖHÖN</u>	7
2.3.1	<u>Meriliikenne</u>	8
2.3.2	<u>Sisävesiliikenne</u>	11
3	<u>ALUSTYYPPIKOHTAISTEN PÄÄSTÖKUSTANNUSTEN MÄÄRITTELY</u>	12
3.1	<u>YLEISTÄ</u>	12
3.2	<u>ALUS- JA SUORITEKOHTAISTEN YKSIKKÖPÄÄSTÖJEN MÄÄRITTÄMINEN</u>	12
3.2.1	<u>Alustyyppiluokittelu</u>	12
3.2.2	<u>Päästökertoimet</u>	12
3.2.3	<u>Päästöjen yksikkökustannukset</u>	13
3.2.4	<u>Suoriteyksikkö</u>	14
4	<u>ALUS- JA SUORITEKOHTAISET ILMAPÄÄSTÖJEN YKSIKKÖKUSTANNUKSET</u> ..	14
5	<u>YMPÄRISTÖKUSTANNUSTEN ARVIOINNIN KEHITTÄMINEN</u>	17
5.1	<u>PÄÄSTÖARVIOT</u>	17
5.2	<u>PITOISUUSARVIOT</u>	17
5.3	<u>VAIKUTUKSET</u>	17
5.4	<u>YKSIKKÖKUSTANNUKSET</u>	18
5.5	<u>VÄYLÄTYYPIT</u>	18
5.6	<u>ALUSTYYPIT</u>	18
5.7	<u>YKSIKÖT</u>	18
6	<u>JOHTOPÄÄTÖKSET</u>	19

LIITTEET

- 1 Vesiliikenteen päästöt ja energiankulutus MEERI 2000 –järjestelmässä
- 2 Vesiliikenteen yksikköpäästöt MEERI 2000 –järjestelmässä
- 3 Päästöt ja yksikkökustannukset päästölajeittain ja alustyypeittäin

1

JOHDANTO

Liikenteen ilmapäästöille määriteltyjä ympäristökustannuksia käytetään tie-, rautatie- ja vesiliikenteen väylähankkeiden arvioinnissa (ks. esim. Tielaitos, 2000). Ilmapäästöjen ympäristökustannukset on määritelty näillä liikennemuodoilla alunperin mk/tonni –yksikkökustannuksina (Gynther ym., 1999a, 1999b, 2000), joista on johdettu suoritekohtaisia ympäristökustannuksia.

Väylähankkeiden yhteiskuntataloudellisen kannattavuuden arvioinnille on määritelty ns. YHTALI –kehikko (Liikenneministeriö, 1994 ja 2000). Kehikkoa kehitetään sekä yleisesti että kullakin liikennemuodolla erikseen. YHTALI –kehikon soveltaminen edellyttää nyt vesiliikenteen ilmaan kohdistuvien päästöjen ympäristökustannusten määrittämistä alustyyppi- ja suoritekohtaisesti. Tässä yhteydessä ei ole pohdittu muita ympäristökustannuksia (esim. jätevedet).

Eri liikennemuodoille yhtenäisin menetelmin määritelty ilmapäästöjen yksikkökustannukset mahdollistavat liikennemuotojen sisäisen sekä keskinäisen vertailun henkilö- ja tavarakuljetuksissa. Myös Euroopan komissio on esittänyt, että liikenteen aiheuttamien kustannusten arviointi tulisi suorittaa mahdollisimman kattavasti ja yhtenäisesti läpi liikennejärjestelmän.

Vesiliikenteen ilmapäästöjen yksikkökustannusten määrittely alustyyppi- ja suoritekohtaisesti on nyt aiempaa paremmin mahdollista. Liikenteen päästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmän LIPASTO:n vesiliikennettä kuvaavaan alamalliin MEERI 2000 on juuri arvioitu alusliikenteen keskimääräisiä yksikköpäästöjä (liite 2).²

Päästöihin ja muihin lähtötietoihin liittyy kuitenkin edelleen epävarmuuksia. Muun muassa erilaisten säiliö- ja ro-ro –aluksen ominaispäästöjä selvitetään kenttäkokeissa (Korhonen, 2000). Näillä tiedoilla päästään jatkossa parempaan käsitykseen aluspäästöistä ja niihin vaikuttavista tekijöistä.³ Aivan uusimpia mittaustuloksia ei ole vielä hyödynnetty MEERI:ssä.

Aluspäästöjen alustyyppittaiset yksikkökustannukset on mahdollista määritellä nykyisen tiedon pohjalta suhteellisen luotettavasti sisävesi- ja rannikkoväylille. Satamapäästöjen alustyyppittaiset yksikkökustannukset voidaan myös määritellä suuntaa-antavasti, mutta avomeriväyliä osalta suorite- ja alustyyppikohtaisten yksikkökustannusten määrittämiseen liittyy huomattavia epävarmuuksia.

Avomeriväylille ei ole käytävissä yhtenevästi arvioituja eri päästökomenttien haittakustannuksia (mk/t; ks. Gynther ym., 2000). Tämä johtuu keskeisesti siitä, että päästöjen ja haittojen kohdentumisen arviointiin sekä arvottamiseen liittyy ongelmia erittäin pitkällä muihin maihin ja maanosiin suuntautuvilla reiteillä.

Yksikkökustannusten määrittely avomerireiteille on suuntaa-antavasti mahdollista, mikäli tyydytään karkeahkoihin yleistyksiin eri päästökomenttien haittakustannuksista Euroopan liikenteessä. Työssä päädyttiinkin arvioimaan alustyyppikohtaiset yksikkö-

² Lähde: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. (<http://www.vtt.fi/rte/projects/lipasto/>)

³ Yksikköpäästötietojen tuottamista on rahoitettu molemmissa tapauksissa Mobile² –tutkimusohjelmassa (<http://www.vtt.fi/virtual/mobile/>).

kustannukset suuntaa-antavasti 'avomeriliikenteelle Euroopassa', mutta ei 'globaalissa liikenteessä'.

Tässä esiselvityksessä käydään läpi tietotarpeet alustyyppikohtaisten ilmapäästöjen yksikkökustannusten määrittämiseksi. Olemassa olevan lähtötiedon pohjalta alustyyppi- ja suoritekohtaiset keskimääräiset ilmapäästöjen yksikkökustannukset (€/vrk) on määriteltä sisävesi- ja rannikkoväylille. Lisäksi suuntaa-antavat yksikkökustannukset on määriteltä satamapäästöille ja avomeriliikenteelle Eurooppaan.

Tarkastelun yksiköksi valittu markkaa ajovuorokautta kohti vastaa hankearvioinnissa käytettyä muiden aluskustannusten laskentayksikköä. Työssä on keskitytty rahtialuksiin. Matkustaja-alukset, huvi-, kalastus- ja työveneen sekä jäänmurtajat on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

2 VESILIIKENTEN ILMAPÄÄSTÖJEN YMPÄRISTÖKUSTANNUSTEN YLEINEN MÄÄRITTELY

2.1 Tausta-aineistot

Suomen vesialueilla tapahtuvan alusliikenteen päästöarviot perustuvat LIPASTO -laskentajärjestelmän alamalliin MEERI (Mäkelä ym., 1997 sekä 2000). Mallissa vesiliikenteen päästöt on laskettu liikennöintitilastojen perusteella arvioitun polttoaineen kulutuksen ja eri alustyyppien päästökertoimien tulona.

Ympäristökustannusten määrittely vesiliikenteelle koko liikennöinnin tasolla Gyntherin ym. (2000) selvityksessä pohjautui vuoden 1996 päästöihin alustyyppikohtaisesti ja päästökomponenteittain (Taulukko 2-1). Kyseisiä vesiliikenteen ilmapäästöjen mk/t -yksikköarvoja on käytetty tässä raportissa lähtötietoina jyvitetäessä suoritekohtaisia päästökustannuksia alustyypeille.

Kokonaispäästöarviot käsittävät kaupallisen alusliikenteen, huviveneilyn päästöt sekä kalastusalusten aiheuttamat päästöt. Päästöt on laskettu sekä väylillä että satamissa. Meriliikenteen liikennöintialue on rajattu päästöinventoinnissa Suomen, Ruotsin ja Viron talousalueiden rajapisteeseen Itämeressä Ahvenanmaan eteläpuolella.

Päästöt ja energiankulutus ovat kasvaneet vuoteen 2000 mennessä (ks. liite 1), mutta absoluuttisten päästömäärien vähäisillä muutoksilla ei ole suurta vaikutusta päästöjen mk/t-yksikkökustannusten määrittelyn kannalta, eikä uutta koko vesiliikenteen päästökustannusten mk/t-perusaineistoa ole nyt laskettu.⁴ Inflaation vaikutus on kuitenkin huomioitu nyt vuoden 2000 rahassa ilmaistujen tulosten muodostamisessa.

⁴ Päästöjen ja pitoisuuksien suhde ei ole suoraviivainen. Mikäli päästöjen ja pitoisuuksien välinen suhde tunnetaan leviämismallinnuksen kautta, pitoisuuksien voidaan olettaa pääsääntöisesti muuttuvan etenkin päästölähteen läheisyydessä päästömuutosten suhteessa. Tällöin oletetaan, että ilmakehiallisten reaktioiden vaikutus on vähäinen.

**Taulukko 2-1. Vesiliikenteen päästöt (t/a) ja polttoaineiden käyttö (TJ/a) alustyy-
peittäin Suomessa vuonna 1996 (Mäkelä ym., 1997).**

Alustyyppi	SO ₂	NO _x	Hiukkaset ¹	CO	HC	CO ₂	Polttoainei- den käyttö
- t/a -							TJ/a
Matkustaja-alukset	2 935	19 272	416	1 415	553	850 850	11 295
Matkustaja-alukset	117	772	17	57	22	34 067	452
Matkustaja-autolautat	2 817	18 500	399	1 358	530	816 783	10 842
Rahtialukset	16 242	39 109	1 018	1 825	964	1 460 100	19 771
Junalautta	295	734	20	30	18	26 360	359
Lastilautta	6 859	16 991	456	719	407	614 304	8 350
Konttialus	293	703	18	33	17	26 374	357
Irtolastialus	1 207	2 957	78	130	72	108 312	1 470
Muu kuivalastialus	4 069	9 202	222	523	241	368 742	4 953
Säiliöalus	2 585	6 236	163	290	154	232 299	3 147
Muu alus	933	2 286	61	100	55	83 708	1 136
Muut alukset	375	4 131	269	10 975	3 628	222 912	3 870
Huviveneet	47	1 300	190	9 300	3 400	110 000	1 803
Kalastus- ja työvenet	23	711	19	1 601	180	41 033	1 047
Jäänmurtajat	305	2 120	60	72	48	71 878	988
Yhteensä ²	19 552	62 513	1 703	14 213	5 145	2 533 861	34 936

¹ Liikenteen hiukkaspäästöt ovat pääosin kooltaan alle 2,5 µm eli PM_{2.5}. Summia on pyöristetty.

2.2

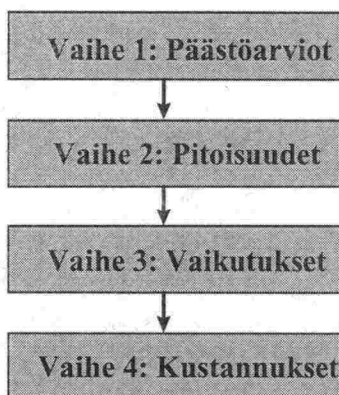
Arvottamismenetelmä

Ilman polttoaineperäisten epäpuhtauksien arvottaminen perustuu niin sanottuun *vaikutuspolkumenetelmään*, alkuperäiseltä nimeltään *Impact Pathway Method* (European Commission, 1999). Menetelmä käsittää vaiheet: *päästöarviot, pitoisuuksien arviointi, vaikutusten arviointi sekä haittakustannusten määrittäminen* (Kuva 2-1).⁵

Jokaiselle tarkastellulle päästökomponentille on olemassa oma tilastollinen altistus- vaikutusfunktionsa, eli tietty pitoisuus tai laskeuma aiheuttaa tietyn haitan altistuvalla väestölle, materiaaleille sekä luonnolle.

Ilman polttoaineperäisten epäpuhtauksien vaikutukset kyetään nykytietämyksellä arvioimaan tietyille terveys-, materiaali- ja kasvillisuusvaikutuksille. Lisäksi ilmastonmuutoksen vaikutuksia arvioidaan erillisiin tutkimuksiin perustuen suoraan päästömäärien suhteessa.

⁵ Tarkempaa kuvausta varten, ks. Gynther ym. (2000).



Kuva 2-1. Ympäristökustannusten arviointi vaikutuspolkumenetelmällä.

Vaikutustarkastelussa huomioituja päästökomponentteja ovat:

- rikkidioksidi (SO_2),
- typenoksidit (NO_x),
- hiukkaset (suorat hiukkaspäästöt ja ilmakehässä muodostuva sulfaatti ja nitraatti),
- hiilimonoksidi (CO),
- typenoksidi- ja hiilivetypäästöistä (HC) muodostuva alailmakehän otsoni (O_3) ja
- hiilidioksidi (CO_2).

Eri yhdisteiden vaikutuksia tarkastellaan vaihtelevalla tarkkuudella, sillä joidenkin epäpuhtauksien pitoisuuksista ja/tai vaikutuksista on saatavilla paremmin tietoa kuin toisista. Osa vaikutuksista on vahvasti paikallisia, osa taas alueellisia ja globaaleja. Tämän vuoksi arviointiprosessin kannalta on merkittävää missä päästöt aiheutuvat (kasvihuonekaasupäästöjä lukuun ottamatta) ja kuinka niistä muodostuvat pitoisuudet sekä laskeumat vaikuttavat ihmisiin, kasveihin ja materiaaleihin. Näin ollen päästöt satamaväylillä ja satamissa aiheuttavat suurempia vaikutuksia sekä edelleen kustannuksia kuin päästöt esimerkiksi avomerellä.

2.3

Aikaisemmat vaikutusarviointit suhteessa tähän työhön

Aiemmassa arvotusselvityksessä (Gynther ym., 2000) vesiliikenteen ilmapäästöjen aiheuttamat haitat (mk/t) arvioitiin erikseen sisävesi- ja meriliikenteelle. Satamapäästöjen vaikutus huomioitiin meriliikenteessä. Sen sijaan sisävesiliikenteen satamapäästöjä ei mallinnettu erikseen taustatietoihin liittyvien epävarmuuksien takia. Seikka aliarvioi hieman sisävesiliikenteelle laskettuja mk/t -ympäristökustannuksia.

Sisävesi- ja meriliikenteen käsittely sekä tulosten esittely poikkeavat hieman toisistaan. Menetelmä on selostettu tarkemmin jatkossa (luvut 2.3.1 ja 2.3.2). Molemmissa tapauksissa tulokset on esitetty alueellisen kohdentumisen mukaan jaettuna haittaluokittain, sekä erikseen päästökomponenteille arvioituna, mutta ei kuitenkaan alustypeille tai kuljetussuoritteelle kohdennettuna. Tuloksena on siis kyseessä olevan liikennemuodon kokonaishaitat (mmk/a) sekä haitat päästökomponenteittain (mk/t).

Tietyn päästön aiheuttama pitoisuus riippuu useista eri tekijöistä, mm. meteorologiasta, savukaasujen lämpötilasta, piipun korkeudesta, päästölähteen muodosta, ympäröivistä

rakenteista yms. Pitoisuus on tunnettava, koska altistuminen, haitat ja kustannukset edelleen ovat suoraan riippuvaisia pitoisuudesta.

Laivojen osalta yksi eroava tekijä on piipun korkeus, eli esimerkiksi matkustaja-autolautan piipunkorkeus on keskimäärin noin 50 m, kun taas lastilautan piipunkorkeus on noin 25 m. Tällöin saman suuruinen päästö matkustaja-autolautasta aiheuttaa alhaisemmat pitoisuudet päästölähteen lähistöllä esimerkiksi matalapiippuiseen lastilauttaan verrattuna (ks. Taulukko 2-2). Kauempana lähteestä suhteellinen ero pienenee, ja esimerkiksi taustapitoisuuksia arvioitaessa eroa ei voida havaita.

Tässä yhteydessä tutkituilla eri alustyypeillä piipunkorkeudet sekä muut päästöjen leviämiseen vaikuttavat ominaisuudet ovat melko samanlaisia. Tästä on pääteltävissä, että eri alustyypeille voidaan soveltaa samoja mk/t-lähtöarvoja (Taulukko 2-4 ja 2-6).

Taulukko 2-2. SO₂-päästö, pitoisuus sekä pitoisuuden ja päästön välinen suhde 2,5 ja 20 km etäisyydellä päästölähteistä Kotkassa.*

Etäisyys, km:			2,5	20	2,5	20
Alustyyppi	piipunkork., m	päästö, t/a	SO ₂ -pitoisuus ng/m ³		pitoisuus/päästö -suhde	
matkustaja-alus	25	9	8	2	0,9	0,2
matkustaja-autolaut.	50	9	4	1	0,5	0,1
junalautta	23	21	20	5	1,0	0,2
lastilautta	25	74	60	14	0,8	0,2
konttialus	22	4	4	1	0,9	0,2
irtolastialus	25	10	10	2	1,0	0,2
muu kuivalastialus	15	37	45	10	1,2	0,3
säiliöalus	28	24	19	6	0,8	0,2
muu alus	12	4	4	1	1,0	0,2

* Laskelma pohjautuu Varjorannan ja Pietarilan (1999) leviämismallinnustuloksiin.

2.3.1

Meriliikenne

Seuraavaksi on tarkasteltu millainen on meriliikenteen vaikutus yleisiin taustapitoisuuksiin Suomessa ja millaisia pitoisuuksia meriliikenne aiheuttaa satamakaupungeissa. Tarkastelutapa johtaa myös vaikutustarkastelujen ja taloudellisen arvottamisen jakautumisen kahteen tarkasteluosioon: tarkasteluun satamakaupungeissa ja muussa Suomessa. Ulkomaille kulkeutuvat epäpuhtaudet huomioidaan lisäksi erikseen.

Meriliikenteen aiheuttamia pitoisuuksia on aiemmin mallinnettu mm. Helsingin, Turun ja Pansion satamissa. Sen sijaan väylillä liikkuvien alusten maalla aiheuttamista pitoisuuksista ei juurikaan ole ollut tietoa. Tämän vuoksi Gynther ym., (2000) työssä teetettiin leviämislaskelma Kotkan satamasta lähtevän liikenteen aiheuttamille päästöille väylällä Kotkan edustalla. Näin saatiin lisätietoa väylällä liikkuvien alusten aiheuttamista epäpuhtauspitoisuuksista rannikolla (Varjoranta ja Pietarila, 1999).

Tulokset yleistettiin koko maahan suhteuttamalla Kotkan liikennöintimäärät alustyypeittäin muiden satamien kautta tapahtuvaan liikennöintiin, jolloin saadaan suuntaa-antavasti selville väylällä liikkuvien alusten vaikutus pitoisuuksiin kussakin satamassa.

MEERI:ssä meriliikenteen päästöt on jaoteltu päästöihin satamissa ja väylällä. Päästöt satamissa sisältävät paitsi päästöt laiturissa, myös päästöt satama-alueen väylällä. Päästöt satama-alueen väylällä sisältävät leviämismallitarkasteluun. Satamakaupungeissa on arvi-

oitu lisäksi laiturissa syntyvien päästöjen vaikutus paikallisiin pitoisuuksiin. Tarkastelu on tehty siten, että MEERI:n laskemien laituripäästöjen on oletettu kohottavan kunkin satamakaupungin pitoisuuksia vastaavasti kuin mallinnetut väyläpäästöt.

Menetelmä todennäköisesti aliarvioi hieman laituripäästöjen vaikutusta, koska päästölähte on lähempänä asutusta väyläpäästöihin verrattuna. Näin on menetelty, koska Gyntherin ym. (2000) selvityksessä ei ollut mahdollisuutta mallintaa erikseen laituripäästöjen aiheuttamia pitoisuuksia.

Meriliikenteen vaikutus yleiseen taustapitoisuuteen on arvioitu ns. top-down -periaatteella. Pitoisuusarvot pohjautuvat kunkin epäpuhtauskomponentin vallitseviin kokonaispitoisuuksiin, joista on vähennetty ensin se pitoisuusosuus, joka muodostuu Suomen rajojen ulkopuolelta tulevasta kaukokulkeumasta. Jäljelle jäävä, Suomen omien lähteiden aiheuttama pitoisuus on kohdistettu eri sektoreille (liikennesektori, energiantuotanto, teollisuus jne.). Allokoinnissa on hyödynnetty eri lähderyhmien päästöjen aiheuttamia pitoisuuksia sekä lisäksi eri sektoreiden päästöjen osuutta Suomen kokonaispäästöistä tietojen saatavuuden puitteissa.

Keskimääräiset vallitsevat taustapitoisuudet tunnetaan mittausten perusteella hyvin Suomessa, mutta käytettävissä ei ole yhtenäistä arviota tai leviämismallinnusta kaukokulkeuman sekä eri lähderyhmien päästöjen aiheuttamista osuuksista vallitsevissa taustapitoisuuksissa Suomessa. Vastaavaa menetelmää on hyödynnetty myös muissa arvottamisselvityksissä (Gynther ym. 1999a, 1999b, 2000).

Seuraavaksi arvioitiin vaikutukset ihmisiin (eri tyyppinen oireilu ja vaikutus odotettavissa olevaan elinikään), rakennettuun ympäristöön (rakennusmateriaalien korroosio ja likaantuminen), luontoon (sato- ja metsävauriot sekä vesistöjen happamoituminen ja rehevöityminen). Altistuva väestömäärä huomioitiin laskelmissa erikseen satamakaupungeissa ja erikseen tausta-alueella. Lisäksi on arvioitu kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaman ilmastomuutoksen haittoja.

Kaikkia ilmaan kohdistuvien päästöjen vaikutuksia ei voitu arvottaa taloudellisesti, koska käytettävissä ei ole riittävän luotettavia altistus-vaikutusfunktioita tai haittojen arvottamistutkimuksia. Arvottamatta jääneitä vaikutuksia ovat esimerkiksi luonnon olemassaoloarvot, biodiversiteetti sekä kulttuurihistorialliset arvot. Eräille terveysvaikutuksille, kuten NO_x -päästöistä aiheutuvien NO_2 -pitoisuuksien suorille terveysvaikutuksille, ei ole toistaiseksi ollut käytettävissä riittävän luotettavia altistus-vaikutusfunktioita. NO_2 -pitoisuuksien huomioiminen kohottaisi ympäristökustannuksia.

Gyntherin ym. (2000) selvityksessä on käytetty markkinahintoja arvioitaessa materiaalien korroosion (huolto- ja vaihtokustannukset), metsävaurioiden (kantohinnat), satotappioiden (maaloustuotteiden maailmanmarkkinahinnat) ja ilmaan kohdistuvien päästöjen vesistöjä happamoittavien vaikutusten (mm. kalasaaliiden arvo) kustannuksia arvioitaessa. Terveysvaikutusten, likaantumishaittojen sekä ilmastomuutoksen kohdalla on käytetty haittojen yksikköarvona maksuhalukkuustutkimuksissa laadittuja yksikköarvoja, markkinahintoja tai näiden yhdistelmiä.

Polttoaineketjujen alkupään eli käyttöä edeltävien vaiheiden ympäristökustannuksia on arvioitu käyttämällä työssä muodostettavia haittakertoimia Suomessa syntyneille ympäristökustannuksille. Näitä käytetään myös tarkasteltaessa Suomen ulkopuolelle kulkeutuvien vesiliikenteen päästöjen vaikutusten kustannuksia.

Taulukko 2-3. Meriliikenteen ilmapäästöjen haitat yhteensä, milj. mk/a (1997 rahassa; Gynther ym., 2000).

Vaikutus	Satama- kaupungit	Tausta- alue	Yhteensä
Kuolleisuus	53	95	148
Sairastuvuus	18	46	64
Materiaalivauriot, korroosio	2,1	0,5	2,6
Materiaalivauriot, likaantuminen	2,0	2,8	4,8
Metsävauriot, happamoituminen ⁽¹⁾			7,2
Metsävauriot, otsoni ⁽¹⁾			13
Satovauriot ⁽¹⁾			9,4
Vesistöt, happamoituminen ⁽¹⁾			2,8
Vesistöt, rehevöityminen ⁽¹⁾			1,0
Ilmastonmuutos ⁽¹⁾			488
Yhteensä, milj. mk/a			741
Jäänmurtajat, kaikki vaikutukset ⁽¹⁾			23
Polttoaineketjujen alkupää ⁽²⁾			9
Ulkomaille kulkeutuvat päästöt ⁽²⁾			193
Yhteensä, milj. mk/a			965

⁽¹⁾ Sisältävät sekä muun meriliikenteen että jäänmurtajien polttoaineketjujen alkupään ja ulkomaille kulkeutuvien päästöjen haitta-arvion. ⁽²⁾ Ei eritelty haitan luonteen vuoksi erikseen satamakaupunkeihin ja tausta-alueille

Meriliikenteen (pl. jäänmurtajat) yhteenlaskettu haitta on kohdistettu eri päästökomponenteille (Taulukko 2-4). Kun päästökomponentin aiheuttamat haitat on laskettu yhteen ja jaettu päästömäärillä, saadaan päästökomponentin haittakerroin (mk/t).

Taulukko 2-4. Meriliikenteen haittakustannukset päästökomponenteittain, mk/t (1997 rahassa; Gynther ym., 2000).

Komponentti	Keskimäärin
SO ₂	3 808
NO _x	2 088
Suorat hiukkaset ⁽¹⁾	40 205
Hiilimonoksidi	14
Hiilivedyt	614
CO ₂	191

⁽¹⁾ Suorat hiukkaset tarkoittavat tässä yhteydessä poltosta syntyviä hiukkaspäästöjä. Sulfaatin ja nitraatin aiheuttamat haitat on kohdistettu rikki- ja typpipäästöille.

2.3.2

Sisävesiliikenne

Sisävesiliikenteen aiheuttamien päästöjen terveys- ja materiaali vaikutusten ympäristökustannukset on arvioitu samalla tavoin kuin meriliikenteen kustannukset. Pitoisuusarviot väylien varrella perustuvat leviämismallinnukseen 20 km reitillä Saimaan kanavalla (Varjoranta, 2000), ja mallitulosta on hyödynnetty jatkotarkasteluissa suhteuttamalla tarkastellun alueen liikennöintimäärät liikennöintiin muilla sisävesialueilla.

Tällöin saadaan suuntaa-antavasti selville sisävesiväylillä liikkuvien alusten vaikutus pitoisuuksiin väylien lähistöllä. Altistumisessa ja edelleen vaikutuksissa on huomioitu väylien varrella asuva väestö. Sisävesiliikenteen vaikutus yleiseen taustapitoisuuteen on arvioitu top-down -periaatteella. Tarkasteltavat päästökomponeentit ja vaikutukset ovat samat kuin meriliikenteessä.

Taulukko 2-5. Sisävesiliikenteen ilmapäästöjen ympäristökustannukset vuonna 1996, mk/a (1997 rahassa; Gynther ym., 2000).

Vaikutus	Ympäristökustannus, mk/a
Terveysvaikutukset	1 200 000
Materiaalien korroosio	11 000
Likaantuminen	29 000
Metsävauriot, happamoituminen	24 000
Metsävauriot, otsoni	41 000
Satovauriot, otsoni	29 000
Vesistövaikutukset, happamoituminen	9 000
Vesistövaikutukset, rehevöityminen	-
Ilmastonmuutos	1 600 000
Yhteensä, mk/a	2 950 000
Polttoaineketjujen alkupää	35 000
Ulkomaille kulkeutuvat päästöt	640 000
Yhteensä, mk/a	3 600 000

Sisävesiliikenteen yhteenlaskettu haitta on kohdistettu eri päästökomponeentteille (Taulukko 2-6). Kun kaikki kunkin päästökomponeentin aiheuttamat haitat on laskettu yhteen ja jaettu päästöillä, on saatu kyseisen päästökomponeentin haittakerroin (mk/t). Haittakertoimet poikkeavat hieman meriliikenteestä, sillä päästöjen leviäminen on erilaista ja mm. altistuvan väestön sijainti päästölähteeseen nähden on erilainen.

Taulukko 2-6. Sisävesiliikenteen haittakustannukset keskimäärin päästökomponeentteittain, mk/t (1997 rahassa; Gynther ym., 2000).

Komponentti	Haittakustannus
SO ₂	5 000
NO _x	3 400
Suorat hiukkaset ¹	68 000
Hiilimonoksidi	130
Hiilivedyt	900
CO ₂	191

¹ Suorat hiukkaset tarkoittavat tässä poltosta syntyviä hiukkaspäästöjä. Sulfaatin ja nitraatin aiheuttamat haitat on kohdistettu rikki- ja typpipäästöille.

3 ALUSTYYPPIKOHTAISTEN PÄÄSTÖKUSTANNUSTEN MÄÄRITTELY

3.1 Yleistä

Aluskohtaisia ilmapäästöjen yksikkökustannuksia tarvitaan väylähankkeiden kannattavuusarvioinnissa, vesikuljetusten sisäisessä vertailussa sekä liikennemuotojen välisessä vertailussa. Jokaisella väylällä liikkuu hieman erilainen koostumus alusliikennettä, joilla kaikilla on hieman erilaiset päästöt ja siten erilaiset ympäristökustannukset. Myös väylän tyyppi ja sijainti vaikuttavat päästökustannukseen, eli tietyn suuruinen päästö aiheuttaa suuremmat haitat esimerkiksi kaupungin lähistöllä kuin avomerellä. Esimerkiksi maantie- ja rautatieliikenteelle on määritelty ajoneuvo- ja junatyypeittäisiä kustannuksia liikennesuoritteelle kohdennettuna erikseen taajamissa ja haja-asutusalueilla. Päästöjen aiheutumispaikasta ja aluksen tyypistä riippumaton keskimääräinen mk/t tai mk/km -kustannustieto onkin liian yleinen vesiliikenteen päästökustannuksen kuvaaja.

Alus- ja suoritekohtaisten ilmapäästöjen yksikkökustannusten tuottamismahdollisuudet ovat parantuneet Gynther ym. (2000) selvityksen tekemisen jälkeen, etenkin kun käyttöön on saatu yksityiskohtaiset alustyypeittaiset lähtötiedot (EP-Logistics, 2001). Jatkossa alusliikennettä koskevat tiedot tulevat edelleen tarkentumaan mm. päästöjen osalta (mm. Mäkelä, 2000; Korhonen, 2000).

Nyt arvioidaan alus- ja suoritekohtaisia ilmapäästöjen yksikkökustannuksia tuoreen tutkimustiedon ja käytettävissä olevien lähtötietojen puitteissa. Koska aluskustannusten arvioinnissa käytetään yleisesti tarkasteluyksikkönä mk/vrk, on vesiliikenteen ympäristökustannukset määritelty nyt alustyypeittäin markkoina aluksen eri tyyppisillä väylillä liikennöimää tai satamassa seisomaa vuorokautta kohti.

3.2 Alus- ja suoritekohtaisten yksikköpäästöjen määrittäminen

3.2.1 Alustyyppiluokittelu

Merenkululaitos käyttää väyläinvestointien arvioinnissa seuraavaa aluskustannusten alustyyppiluokittelua (Merenkukkuhallitus, 1996 ja EP-Logistics, 2001):

- kuivabulk-alukset,
- konttialukset,
- konventionaaliset kuivalastialukset,
- ro-ro-alukset sekä
- säiliöalukset.

3.2.2 Päästökertoimet

MEERI 2000 -järjestelmässä vesiliikenteen päästökertoimet on määritelty alustyypeille sekä eri moottorityypeille (Taulukko 3-1). Eri alustyyppien käyttämät moottorityypit (2- ja 4-tahtinen) on jaoteltu bruttorekisteritonniin mukaan. EP-Logistics'in käyttämä DWT-luokittelu on nyt muunnettu bruttorekisteritonneiksi kertoimella 0,6. Polttonesteen rikkipitoisuutena on käytetty MEERIin pohjautuen raskaan polttoöljyn osalta 1 % ja dieselin osalta 0,15 %.

Taulukko 3-1. Päästökertoimet (g/kWh) 80 % kuormituksella.

Komponentti	2-tahti	4-tahti
CO	0,60	1,00
HC	0,39	0,39
NO _x	16,8	13,3
Hiukkaset	0,48	0,29
CO ₂	588	608

3.2.3

Päästöjen yksikkökustannukset

Tässä yhteydessä Gyntherin ym. (2000) määrittelemiä ilmapäästöjen yksikkökustannuksia (mk/t) on tarkennettu seuraavasti (Taulukko 3-2):

- Sisävesiliikenteen osalta on käytetty suoraan Gyntherin ym. (2000) selvityksen tuottamia arvoja indeksikorjattuna (6 %) vuoden 1997 tasosta.
- Rannikkoväylien alkuperäisestä mk/t -kustannuksesta on poistettu niihin sisältyvien laituripäästöjen vaikutus. Terveysvaikutusten osalta korjaus on tehty siten, että sekä satamakaupungeissa että tausta-alueella vallitsevista meriliikenteen aiheuttamista pitoisuuksista on poistettu laituripäästöjen vaikutus päästösuhteiden avulla. Muiden vaikutusten osalta korjaus on tehty keskimääräisten päästömäärien suhteessa. Korjauksen jälkeen yksikkökustannukset alentuvat, koska pitoisuudet joille väestö altistuu alentuvat etenkin satamakaupungeissa.
- Satamapäästöjen yksikkökustannukset on määritelty siten, että laituripäästöjen satamakaupunkiin aiheuttamien pitoisuuksien suhde on vastaava kuin alkuperäisen leviämismallinnuksen satamaväylien päästöjen ja satamakaupungeissa valitsevien pitoisuuksien suhde. Käytettävissä ei ole ollut erillistä laituripäästöjen leviämismallinnusta. Menetelmä todennäköisesti hieman aliarvioi satamapäästöjen kustannuksia. Todellisuudessa päästöt laiturissa aiheuttavat korkeammat pitoisuudet altistuvalla väestöllä. Jatkossa satamapäästöjen aiheuttamia pitoisuuksia tulisi selvittää tarkemmin.
- Avomeriväylien ympäristökustannukset on määritetty suuntaan antavina arvioina. Tässä yhteydessä on päädytty käyttämään Gyntherin ym. (1999) laskelmiin pohjautuvia arvioita rannikkoväylille korjattuna siten, että satamakaupungeissa syntyvät kustannukset on poistettu mk/t-arvoista. On huomattava, että kustannusten kohdentuminen on erilaista avomeriväylillä satamiin ja rannikkoväyliin verrattuna, mutta nyt aihetta ei ole pohdittu yksityiskohtaisesti. Avomerenä on käsitelty Suomen ja muun Euroopan välistä liikennettä, mutta ei liikennettä siitä etäämpänä.

Avomeriväylien, kuten myös satamavuorokausien, ympäristökustannusten tarkka arvioiminen vaatisi oman vaikutuspolkumenetelmään perustuvan arvottamisselvityksen leviämismallinnuksineen (ks. Kuva 2-1).

Taulukko 3-2. Eri päästökomponenttien yksikkökustannukset (euro/t) rannikko- ja sisävesiväylillä sekä satamissa.

Komponentti	avomeri	rannikko	sisävesi	satama
CO*	0,4	2	23	17
HC**	120	120	160	160
NO _x	290	350	610	990
Hiukkaset	4 100	6 800	12 100	29 600
CO ₂ ***	32	32	32	32
SO ₂	430	650	890	2 630

* Laskentamenetelmän pyöristysten yms. syiden takia satamien CO:n mk/t kustannus on pienempi sisävesiliikenteeseen nähden, todellisuudessa kustannus on todennäköisesti hieman suurempi.

** HC vaikuttaa otsoninmuodostukseen, ja avomerellä sekä rannikkoväylällä vaikutus on arvioitu samaksi samoin kuin sisäväylillä ja satamissa

*** CO₂-päästöistä aiheutuva ilmastonmuutos on globaali haitta.

3.2.4

Suoriteyksikkö

Suoriteyksikön osalta on tässä yhteydessä päädytty €/vrk -yksikköön, koska myös muut aluskustannukset on määritetty vastaavassa yksikössä.

Mielenkiintoinen piirre vesiliikenteessä on se, että lastin vaikutus päästöihin on varsin vähäinen, eli aluksen päästöt esimerkiksi kilometriä kohden ovat miltei samat tyhjänä ja täydessä lastissa (ks. Mäkelä ym., 2000). Tämän vuoksi myöskään tonnikilometriä kohti laskettu päästökustannus ei ole oikea tarkasteluyksikkö, koska käytännössä paljonkin vaihtelevaa lastipainoa ei voida käyttää päästömääriä eri kuljetusten kesken suhteuttavana tekijänä.

4

ALUS- JA SUORITEKOHTAISET ILMAPÄÄSTÖJEN YKSIKKÖKUSTANNUKSET

Ilmapäästöjen yksikkökustannukset (€/vrk) eri alustyypeille on määritelty nyt aineistollisesti ja menetelmällisesti vahvemmalta pohjalta sisävesiliikenteessä ja rannikkoväylillä. Lisäksi ilmapäästöjen yksikkökustannukset on arvioitu suuntaa-antavasti eri alustyypeille satamavuorokausina sekä avomeriväylillä Euroopan liikenteen osalta (€/vrk). Tulokset on esitetty Taulukossa 4-1. Yksityiskohtaisemmat tiedot Taulukon 4-1 arvojen laskemisessa käytetyistä päästömääristä ja mk/t-ympäristökustannuksista on esitetty tietoa päästölajeittain ja alustyypeittäin väylästä eri osilla liitteessä 3.

Ilmapäästöjen yksikköarvot on esitetty yhteen laskettuna kaikille päästökomponenteille, sekä ilmastonmuutoksen (CO₂-päästöt) kanssa että ilman sitä (Taulukko 4-1). Ilmastonmuutoksen osuus yhteenlasketuista eri päästökomponenttien haittakustannuksista on huomattavan suuri etenkin rannikko- ja avomeriväylillä. Satamissa ja sisävesillä paikallisten ja alueellisten haittojen osuus hieman korkeampi kuin meriolosuhteissa. Tämä johtuu siitä, että mitä kauempana asutuksesta, materiaaleista ja luontokohteista aluksen päästöt aiheutuvat, sitä vähemmän aiheutuu vastaavia kustannuksia. Globaalina vaikutuksena ilmastonmuutos (CO₂-päästöt) on taas päästön sijainnista riippumaton.

Ilmastonmuutoksen osuus kustannuksista on esitetty erillään myös siksi, että huomattavimmat epävarmuudet yksikkökustannusten arvioinnissa liittyvät ilmastonmuutokseen.

Niillä on myös keskeinen vaikutus lopputulokseen. Paikallisten ja alueellisten päästöjen haittakustannustutkimuksen menetelmät ja tulokset ovat sen sijaan pysyneet muuttumattomina.

Tässä yhteydessä aiempien Suomessa liikennesektorilla tehtyjen CO₂-päästöjen arvottomistutkimusten pohjalta käytetty haittakustannusarvo on suuruudeltaan 191 mk/t. Näin on tehty siksi, että CO₂-päästöjen yhteiskuntataloudellisen painoarvon määrittelyssä halutaan toimia yhtenevältä pohjalta eri liikennemuotojen kesken.

Uusimmat CO₂-päästöjen haittakustannustutkimukset esittävät kuitenkin suuruudeltaan noin 15 mk/t olevia arvoja (European Commission, 2000; Friedrich & Bickel, 2001). Syy uusimpiin, alempiin CO₂-päästöille arvioihin on se, että ExternE -projektissa käytetty ilmastomuutoksen haittoja arvioiva FUND 1.6 -malli on päivitetty, ja uusi FUND 2.0 -malliversio tuottaa selvästi alhaisempia haitta-arvoja (Friedrich & Bickel, 2001).

Haittakustannuksen alenemista selittää se, että uusi FUND -malliversio huomioi ilmastomuutoksen odotettujen haittojen ohella myös sen positiivisia vaikutuksia, muun muassa energiankulutuksen alentumisen sekä maatalouden ja metsien kasvun olosuhteiden parantumisen tietyillä maapallon vyöhykkeillä. Siten ilmastomuutoksen 'nettohaitta' arvioidaan tasoltaan aiempaa pelkkiin haittoihin perustunutta arviota pienemmäksi.

Friedrich & Bickel (2001) ovat pohtineet aihetta yksityiskohtaisemmin todeten että aiempi FUND 1.6 mallinnus saattoi tuottaa liian pessimistisiä tuloksia, kun taas uudempi FUND 2.0 mallinnus tuottaisi liian optimistisiä tuloksia.

Tutkimuksen edetessä ilmastomuutoksen vaikutusten arvottaminen tulee mitä todennäköisimmin muuttumaan edelleen. Yhteiskunnallisessa päätöksenteossa haittakustannusten arvottamisesta mahdollisesti siirrytään käyttämään ilmastomuutoksen torjunnan toimenpidekustannuksia tai päästömarkkinoilta saatua CO₂-tonnin hintanoteerauksia.

Taulukko 4-1. Ilmapäästöjen yksikkökustannukset alustyypeittäin (euro/vrk) yhteensä, ilman ilmastovaikutuksia ja pelkät ilmastovaikutukset. Sisävesiväylillä ei liikennöi kaikkia alustyyppisiä.

Syväys m	Teho kW	Avomeriväylä (suuntaa-antava arvio)			Rannikkoväylä			Sisävesiväylä			Satama (suuntaa-antava arvio)		
		ymp.kust.yht	ei ilmasto	ilmasto	ymp.kust.yht	ei ilmasto	ilmasto	ymp.kust.yht	ei ilmasto	ilmasto	ymp.kust.yht	ei ilmasto	ilmasto
Kuivabulk -alukset													
8	3 800	2 500	800	1 700	2 800	1 000	1 700	-	-	-	300	300	80
9	4 900	3 200	1 000	2 200	3 600	1 400	2 200	-	-	-	400	300	110
10	6 000	3 900	1 200	2 700	4 400	1 600	2 700	-	-	-	500	400	100
11	7 100	4 600	1 400	3 200	5 200	1 900	3 200	-	-	-	600	400	100
12	8 200	5 400	1 600	3 700	6 000	2 200	3 700	-	-	-	600	500	100
13	9 300	6 100	1 800	4 200	6 800	2 500	4 200	-	-	-	700	500	200
14	10 400	6 800	2 100	4 700	7 500	2 800	4 700	-	-	-	800	600	200
15	11 500	7 500	2 300	5 200	8 300	3 100	5 200	-	-	-	800	600	200
16	12 700	8 200	2 500	5 700	9 100	3 400	5 700	-	-	-	900	700	200
Konttialukset													
6	4 400	2 780	700	2 100	3 000	1 000	2 100	3 700	1 600	2 100	400	300	110
7	5 100	3 300	900	2 400	3 700	1 300	2 400	-	-	-	400	300	100
8	8 300	5 430	1 700	3 800	6 000	2 300	3 800	-	-	-	700	500	200
9	10 200	6 700	2 000	4 600	7 400	2 800	4 600	-	-	-	800	600	200
10	13 900	9 100	2 800	6 300	10 100	3 800	6 300	-	-	-	1 000	800	200
11	17 400	11 340	3 500	7 900	12 600	4 800	7 900	-	-	-	1 300	1 000	300
12	18 300	12 000	3 700	8 300	13 400	5 100	8 300	-	-	-	1 500	1 200	300
13	36 700	24 100	7 400	16 600	26 800	10 200	16 600	-	-	-	2 800	2 200	600
14	45 500	29 800	9 100	20 600	33 100	12 500	20 600	-	-	-	3 400	2 600	700
LoLo -alukset													
4	1 500	900	200	700	1 000	300	700	1 200	500	700	100	100	30
5	1 900	1 200	300	900	1 300	400	900	1 600	700	900	100	100	40
6	2 600	1 630	400	1 200	1 800	600	1 200	2 100	900	1 200	200	200	60
7	3 500	2 200	600	1 600	2 400	800	1 600	-	-	-	300	200	80
8	4 700	3 000	800	2 100	3 300	1 200	2 100	-	-	-	400	300	110
9	6 200	4 100	1 300	2 800	4 600	1 700	2 800	-	-	-	600	400	140
10	8 300	5 400	1 700	3 800	6 100	2 300	3 800	-	-	-	700	500	160
RoRo -alukset													
5	7 100	4 400	1 100	3 300	4 800	1 500	3 300	5 800	2 400	3 300	500	300	130
6	9 400	5 800	1 500	4 400	6 400	2 000	4 400	7 600	3 200	4 400	600	500	170
7	11 600	7 400	2 100	5 300	8 200	2 800	5 300	-	-	-	900	700	200
8	13 800	9 000	2 800	6 300	10 100	3 800	6 300	-	-	-	1 000	800	220
9	16 100	10 500	3 200	7 300	11 700	4 400	7 300	-	-	-	1 100	900	250
Säilöalukset													
5	2 200	1 400	300	1 000	1 500	500	1 000	1 800	800	1 000	200	100	40
6	2 700	1 700	400	1 300	1 800	600	1 300	2 200	900	1 300	200	100	60
7	3 300	2 100	500	1 500	2 200	700	1 500	-	-	-	300	200	70
8	4 000	2 600	700	1 800	2 800	1 000	1 800	-	-	-	400	300	90
9	4 900	3 200	1 000	2 200	3 500	1 300	2 200	-	-	-	400	300	110
10	5 900	3 900	1 200	2 700	4 300	1 600	2 700	-	-	-	500	400	100
11	7 200	4 700	1 500	3 300	5 200	2 000	3 300	-	-	-	600	500	100
12	8 700	5 700	1 800	4 000	6 400	2 400	4 000	-	-	-	700	500	200
13	10 600	6 900	2 100	4 800	7 700	2 900	4 800	-	-	-	800	600	200
14	12 900	8 400	2 500	5 800	9 300	3 500	5 800	-	-	-	900	700	200
15	15 700	10 200	3 100	7 100	11 300	4 200	7 100	-	-	-	1 000	800	200
16	19 100	12 300	3 700	8 600	13 700	5 000	8 600	-	-	-	1 100	900	200

5 YMPÄRISTÖKUSTANNUSTEN ARVIOINNIN KEHITTÄMINEN

5.1 Päästöarviot

Ympäristökustannusten arvioinnin kehittäminen voidaan jakaa liikenteen päästöarvioiden kehittämiseen sekä ympäristökustannusten arviointiin (ks. Kuva 2-1). Ympäristökustannusten arviointi vaikutuspolkumenetelmällä käyttää päästötietoja suoraan lähtötietoina. Tässä yhteydessä ei pohdita vesiliikenteen päästöarvioiden kehittämistä. Päästöarvioita tarkennetaan parhaillaan muiden tahojen toimesta (mm. Korhonen, 2000).

Ympäristökustannusten arviointia on tarpeen kehittää monilta muilta vaikutuspolkumenetelmän vaiheiden osalta (pitoisuusarviot, vaikutukset, kustannukset). Ohessa on käsitelty muutamia osa-alueita, joita tulisi selvittää lisää.

5.2 Pitoisuusarviot

Vesiliikenteen aiheuttamat pitoisuusarviot perustuvat Gyntherin ym. (2000) raportissa korkeatasoiseen leviämismallinnukseen sekä meri- että sisävesiliikenteen osalta (Varjoranta ja Pietarila, 1999; Varjoranta, 2000).

Pitoisuusarvioita voitaisiin edelleen kehittää. Nyt kustannusarviot perustuvat yhteen mallinnukseen meri- ja sisävesiliikenteen osalta, ja tulokset on yleistetty koko maan tasolle liikennöintimäärien suhteella. Tulosten edustavuutta voitaisiin parantaa useammalla mallinnustuloksella. Edelleen laituripäästöjen aiheuttamien pitoisuusvaikutuksia tulisi tarkentaa. Nyt laituripäästöt on huomioitu keskimääräisellä, päästömääriin suhteutetulla korjauskertoimella. Sisävesiliikenteessä satamapäästöjä ei ole toistaiseksi huomioitu. Lisäksi avomeriväylien päästöjen pitoisuusvaikutuksista tulisi saada mallinnustuloksia.

5.3 Vaikutukset

Vaikutusten arviointi kehittyy jatkuvasti, ja vaikutusten arvioinnissa käytetyt altistusvaikutusfunktiot tulisi päivittää uusimman tiedon mukaisiksi. Gyntherin ym. (2000) selvityksen jälkeen funktioihin on tullut joitakin tarkennuksia. Alustavan arvion mukaan tarkennuksilla ei liene kovin suurta vaikutusta nyt tehtyihin arvioihin - todennäköisesti kustannukset hieman alentuivat käytettäessä uusimpia funktioita.

Tässä yhteydessä on pohdittu vain merkittävimpien ilmapäästöjen vaikutuksia, eikä kaikille epäpuhtauksille ei ole myöskään vielä käytettävissä yleisesti hyväksyttyjä altistusvaikutusfunktiota (esim. NO₂). Vesiliikenteestä aiheutuu lisäksi muita ympäristövaikutuksia (mm. päästöt mereen, onnettomuusriski), joille yksikkökustannusten määrittäminen olisi ehkä mahdollista.

Vaikutusten arvioinnissa keskeinen merkitys on altistuvan väestö arvioinnilla. Tarkennuksia tarvitaan lähinnä sisävesiliikenteen osalta, mutta merkitys on suhteellisen vähäinen. Suurimmat epävarmuudet voidaan arvioida liittyvän ilmastomuutoksen aiheuttamiin vaikutuksiin. Avomeriväylien osalta erityinen kysymys on kustannusten kohdentuminen. Kun muilla väylillä ja satamissa kustannukset pääosin kohdentuvat Suomeen, tilanne avomeriväylien osalta on päinvastainen.

5.4 Yksikkökustannukset

Ilmapäästöjen eri haittavaikutusten yksikkökustannukset muuttuvat tutkimuksen myötä. Gynther ym. (2000) on hyödyntänyt sekä suomalaisia että yleisiä eurooppalaisia yksikkökustannuksia. Haittakustannuksissa ei ole tapahtunut viime vuosina ratkaisevia muutoksia ilmastomuutoksen arvottamista lukuun ottamatta. Ilmastomuutoksen osalta viimeimpien ExternE –projektien yhteydessä on siirrytty käyttämään kertaluokkaa alhaisempaa yksikkökustannusarvioita aiempiin selvityksiin verrattuna.

Ilmastomuutoksen arviointiin liittyvätkin todennäköisesti suurimmat epävarmuudet, jolloin CO₂-päästöjen haitta-arviot saattavat muuttua jatkossa edelleen. Muita kasvihuonekaasupäästöjä (N₂O ja CH₄) ei ole käsitelty tässä työssä. Niiden vaikutus olisi kuitenkin suhteellisen vähäinen.

5.5 Väylätyypit

Tässä yhteydessä on määritelty vesiliikenteen ilmapäästöjen yksikkökustannukset sisävesi- ja rannikkoväylille sekä suuntaa-antavasti satamapäästöille ja avomeriväylille Euroopassa – ei kuitenkaan 'globaaleille väylille'.

Satamapäästöjen ja avomeriväyliä yksikkökustannusten määrittämistä tulisi jatkossa kehittää. Etenkin yksikkökustannusten määrittäminen globaalissa skaalassa vaatisi erillisen tutkimusprojektin. Kauas suuntautuvassa liikenteessä päästöjen kohdentuminen ja haittojen aiheutuminen sekä erityisesti arvottaminen ovat vaikeita kysymyksiä, joita ei ole toistaiseksi tutkittu.

Satamapäästöjen ja avomeriväyliä yksikkökustannukset voitaisiin määritellä yksityiskohtaisemmin myös tietyille väyläosuuksille esimerkiksi ExternE –projekteissa kehitettyä *EcoSense* –mallia hyödyntäen. Malli on integroitu työkalu ympäristökustannusten arviointiin vaikutuspolkumenetelmällä erityisesti yksittäisen päästölähteen tapauksessa. Mallia on sovellettu Suomessa useissa hankkeissa.

5.6 Alustyytit

Tässä yhteydessä ilmapäästöjen yksikkökustannukset on määritelty vain erilaisille rahdialuksille. Jatkossa yksikkökustannuksia voitaisiin määritellä myös matkustaja-aluksille sekä mahdollisesti jäänmurtajille ja huvi-, kalastus- ja työveneille. Myös tarkat alusyksilön ominaispiirteet huomioon ottavat arviot ovat mahdollisia *EcoSense* –mallia hyödyntäen.

5.7 Yksiköt

Koska aluksen päästöt ja edelleen päästöjen haittakustannukset eivät juurikaan suhteudu aluksen kuljettaman lastin määrään (tonnikilometri) on päästökustannus tässä yhteydessä määritelty €/vrk –yksikkökustannuksena. Aihetta tulisi kuitenkin pohtia edelleen, etenkin riippuen siitä, miten päästöjä jatkossa käsitellään (esim. laivojen kokoluokittain). Edelleen on huomattava, että nyt käytetty yleistävä luokittelu ei tee eroa yksittäisten laivojen kohdalla. Tämä saattaa olla ongelma esimerkiksi yksittäistapauksissa kun väylällä liikennöi alus, jonka päästöt ovat selvästi keskimääräistä alhaisempia tai korkeampia.

6

JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä esiselvityksessä on määritetty olemassa olevan aineiston pohjalta vesiliikenteen ilmapäästöjen yksikkökustannukset alustyyppikohtaisesti ja suoritteeseen sidottuna sisävesi- ja rannikkoväylille. Lisäksi suuntaa-antavasti on määritetty vastaavat yksikkökustannukset satamapäästöille ja Eurooppaan suuntautuvalle avomeriliikenteelle.

Ilmastonmuutokseen liittyvien kustannusten osuus ympäristökustannuksista on huomattava, etenkin rannikko- ja avomeriväylillä, mutta niiden määrittelyyn liittyy myös huomattavimmat epävarmuudet.

Nyt käytetty CO₂-päästön yksikköarvo antaa suhteellisen korkeita arvoja ilmastonmuutoksen haittavaikutuksille. Uusimmat ilmastonmuutoksen hyöty- ja haittavaikutusten yhteismallinnustulokset viittaavat siihen että tässä käytetty kustannustaso on yliarvio. Eri liikennemuotojen ympäristökustannusten arvioinnin yhtenäisyyden vuoksi tässä raportissa on kuitenkin käytetty samaa kustannustasoa kuin aiemmissa selvityksissä. On joka tapauksessa suositeltavaa käsitellä ilmastonmuutokseen liittyviä kustannuksia myös erillään muihin ilmapäästöihin liittyvistä ympäristökustannuksista.

Sekä päästötiedoissa että ympäristökustannusten arvioimisessa on kehittämistarpeita. Päästötiedot tarkentuvat parhaillaan meneillään olevissa tutkimusprojekteissa, ja uusia tuloksia voidaan hyödyntää ympäristökustannusten arvioimisprosessissa jatkossa.

Vesiliikenteen ilmapäästöjen alustyyppikohtaisten yksikkökustannusten määrittämistä voidaan kehittää muun muassa reittikohtaisella mallintamisella *EcoSense* -mallin avulla. Yksikkökustannuksia olisi mahdollista määrittää nykyistä yksityiskohtaisemmin myös useammille alus- ja väylätyypeille. Lisäanalyysillä, muun muassa leviämismallinuksilla, voitaisiin edelleen parantaa tulosten edustavuutta. Lisäksi vesiliikenteen ympäristökustannusarviot olisi jatkossa perusteltua päivittää kansainvälisen tutkimuksen tuottamia uusimpia altistus-vaikutusfunktioita ja yksikkökustannustietoja hyödyntäen.

LÄHTEET

Davies, M.E., Plant, G., Cosset, C., Harrop, O. & Petts, J.W. (2000). Study on the economic, legal, environmental, and practical implications of a European Union system to reduce ship emissions of SO₂ and NO_x. BMT. No 3623. Final Report for European Commission Contract B4-3040/98/000839/MAR/B1.

EP-Logistics (2001). Aluskustannusten tarkistus 2001, Lastialusten käytön yhteiskuntataloudelliset kustannukset vesitieinvestointien hankearviointeja varten. EP-Logistics, Merenkululaitos, Helsinki

European Commission (1997). External Costs of Transport in ExternE. JOULE III Programme. Bickel B., Schmid S., Krewitt W. ja Friedrich R. IER (toim.).

European Commission (1999). High Level Group on transport infrastructure charging. Final report on estimating transport costs.

European Commission (2000). External costs of energy conversion – improvement of the ExternE methodology and assessment of energy-related transport externalities. Eds. P. Bickel, S. Schmid, W. Krewitt and R. Friedrich, IER, Germany. JOULE III Program. Final report.

Friedrich, R. & Bickel, P. (2001). Environmental External Costs of Transport. Springer. Berlin.

Gynther, L., Otterström. T., ja Hämekoski, K. (1999a). Suomen tieliikenteen polttoaineperäisten päästöjen aiheuttamat ympäristökustannukset. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 23/1999. Helsinki.

Gynther, L., Hämekoski, K. ja Otterström. T. (1999b). Suomen rautatieliikenteen polttoaineperäisten päästöjen aiheuttamat ympäristökustannukset. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 2/1999. Helsinki.

Gynther, L., Torkkeli, S. ja Hämekoski, K. (2000). Suomen vesiliikenteen päästöjen ympäristövaikutusten kustannukset. Merenkululaitoksen julkaisuja 3/2000. Helsinki.

Jonson, J.E., Tarrason, L. & Bartnicki, J. (2000). Effects of international shipping on European pollution levels. EMEP/MSC-W Note 5/2000. The Norwegian Meteorological Institute, Research Report No. 41.

Korhonen, R. (2000). Merenkulun ominaissavukaasupäästöjen selvittäminen. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Mobile² -vuosikirja 2000.

Krewitt, W. & Heck, T. (2000). Environmental Costs: Estimation and integration into decision-making. Case energy policy scenario reducing CO₂ emissions. TTI GmbH and der Universität Stuttgart.

Liikenneministeriö (1994). Liikenteen väylähankkeiden vaikutusselvitysten yhdenmu-kaistaminen. Liikenneministeriön julkaisuja LM 26/91.

Liikenneministeriö (2000). Liikenteen väylähankkeiden hankearvioinnin yleisohje. Liikenneministeriön julkaisuja. L 8/2000.

Leksell, I. (1999). Ekonomisk värdering av luftföroreningar från trafiken. Rapport till SIKa, juli 1999. Tillämpad miljövetenskap, Göteborgs universitet.

Merenkulkuhallitus (1996). Vesitieinvestointien vaikutusten arvioinnissa käytettävien aluskustannusten tarkistus. EP-Logistics Oy.

Mäkelä, K., Tuominen, A. & Pääkkönen, E. (1997). Suomen vesiliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä MEERI 96. VTT Yhdyskuntatekniikka, tutkimusraportti 428.

Mäkelä, K. (2000). Liikennevälineiden yksikköpäästöt –projekti. Mobile2 –vuosikirja 2000.

SIKA (1999). Översyn av samhällsekonomiska kalkylprinciper och kalkylvärden på transportområdet (ASEK II). Rapport 1999:6.

SIKA (2000). Översyn av förutsättningarna för marginalkostnadsbaserade avgifter i transportsystemet. Rapport 2000:10.

Svensson, U. (2001). Samhällsekonomisk marginalkost för Vänersjöfartens externa kostnader. SSPA Sweden AB.

Tielaitos (2000). Ajokustannukset 2000. Ehdotus. Tielaitos. Tie- ja liikennetekniikka.

VBB Viak (2000). Samhällsekonomisk analys avseende utbyggnad av slussarna i Trollhätte kanal. Rapport till Sjöfartsverket. Juni 2000.

Varjoranta, R. (2000) Sisävesiliikenteen reittipäästöjen leviämismallilaskelmat eteläiselle Saimaalle. Ilmatieteen laitos - Ilmanlaadun tutkimus. Helsinki.

Varjoranta, R. ja Pietarila, H. (1999). Laivaliikenteen väyläpäästöjen leviämislaskelma Kotkan edustalla, 26.11.1999. Ilmatieteen laitos - Ilmanlaadun tutkimus. Helsinki.

LIITE 1

VESILIIKENTEEN PÄÄSTÖT JA ENERGIAANKULUTUS MEERI 2000 – JÄRJESTELMÄSSÄ

Taulukko 1. Suomen vesiliikenteen päästöt ja energiankulutus vuonna 2000 [t]. (MEERI 2000 –laskentajärjestelmä).

	CO	HC	NOx	Hiuk- kaset	SO ₂	CO ₂	Polttoaineen kulutus	Energian- kulutus
Satamat	595	219	7 268	148	2 378	333 979	110 129	4 532
Väylät	3 258	1 567	58 648	1 475	16 503	2 449 547	818 840	33 700
Huviveneet	23 524	8 315	1 288	349	73	180 439	58 436	2 504
Kalastus- ja työ- veneet	388	126	2 851	61	95	134 138	43 107	1 819
Jäänmurtajat	59	38	1 643	46	204	57 321	19 648	812
Yhteensä	27 824	10 265	71 698	2 080	19 253	3 155 423	1 050 161	43 367

<http://www.vtt.fi/rte/projects/lipasto/meeri/meeri.htm>

Tässä taulukossa Suomen vesiliikenteen päästöiksi vastoin yleistä kansainvälistä käytäntöä on laskettu Suomen talous-
vyöhykkeen sisällä kulkevan alusliikenteen päästöt (eli käytännössä kaiken ulkomaanliikenteen kulkema matka "kolmi-
kantapisteeseen" Ahvenanmaan eteläpuolelle).

LIITE 2

VESILIIKENTEN YKSIKKÖPÄÄSTÖT MEERI 2000 –JÄRJESTELMÄSSÄ

Tavaraliikenne

**Taulukko 1. Vesiliikenteen keskimääräiset päästöt tonnikipometriä kohden Suomessa 1999. (MEERI 2000 –laskentajärjestelmä;
<http://www.vtt.fi/rte/projects/lipasto/meeri/meeri.htm>).**

TAVARALIIKENNE							
Yksikköpäästöt [g/tkm]	CO	HC	NOx	PM	SO ₂	CO ₂	Energia [MJ/tkm]
lastilautta	0,039	0,022	0,90	0,024	0,32	33	0,46
konttialus	0,026	0,013	0,52	0,013	0,19	20	0,28
irtolastialus	0,021	0,011	0,44	0,011	0,16	17	0,23
muu kuivalastialus	0,037	0,017	0,63	0,015	0,24	26	0,35
säiliöalus	0,021	0,011	0,45	0,011	0,16	17	0,23
autolautta ¹⁾	0,039	0,022	0,90	0,024	0,32	33	0,46

¹⁾ Päästöjen on arvioitu vastaavan lastilauttojen päästöjä

CO = hiilidioksidi, HC = hiilivedyt, NOx = typen oksidit, PM = pakokaasujen kokonaishiukkasmäärä, SO₂ = rikkidioksidi, CO₂ = hiilidioksidi, MJ = MegaJoule, g/tkm = grammaa tonnikipometriä kohden.

Henkilöliikenne

**Taulukko 2. Vesiliikenteen keskimääräiset päästöt henkilökilometriä kohden Suomessa 1999. (MEERI 2000 –laskentajärjestelmä;
<http://www.vtt.fi/rte/projects/lipasto/meeri/meeri.htm>).**

HENKILÖLIIKENNE							
Yksikköpäästöt [g/hkm]	CO	HC	NOx	PM	SO ₂	CO ₂	Energia [MJ/hkm]
matkustaja-alus ¹⁾	0,95	0,37	13	0,28	1,7	596	8,0
matkustaja-autolautta ²⁾	0,50	0,20	6,7	0,15	0,93	318	4,3

¹⁾ Alusten koko päästö on kohdistettu matkustajille.

²⁾ Alusten päästöistä n. 80% on kohdistettu matkustajille.

CO = hiilidioksidi, HC = hiilivedyt, NOx = typen oksidit, PM = pakokaasujen kokonaishiukkasmäärä, SO₂ = rikkidioksidi, CO₂ = hiilidioksidi, MJ = MegaJoule, g/hkm = grammaa henkilökilometriä kohden.

LIITE 3

PÄÄSTÖT JA YKSIKKÖKUSTANNUKSET PÄÄSTÖLAJEITTAIN JA ALUSTYYPEITTÄIN⁶

Ympäristökustannukset 2001
(vuoden 2000 rahassa)
Satamat

Kuivabulk -alukset		CO päästöt			HC päästöt			NOx päästöt			PM päästöt			SO2 päästöt			CO2 päästöt		
Syväys	Teho	ymp. kustannus		t/vrk	ymp. kustannus		t/vrk	ymp. kustannus		t/vrk	ymp. kustannus		t/vrk	ymp. kustannus		t/vrk	ymp. kustannus		t/vrk
m	kW	euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk	
8	3 787	0,003	17	0,04	0,002	170	0,27	0,07	985	72	0,002	29 609	61	0,05	2 629	121	2,5	32	82
9	4 895	0,003	17	0,06	0,002	170	0,35	0,09	985	93	0,003	29 609	79	0,06	2 629	161	3,3	32	106
10	6 004	0,004	17	0,06	0,003	170	0,40	0,11	985	106	0,003	29 609	90	0,07	2 629	190	3,8	32	121
11	7 112	0,004	17	0,07	0,003	170	0,45	0,12	985	120	0,003	29 609	102	0,08	2 629	219	4,3	32	137
12	8 221	0,005	17	0,08	0,003	170	0,50	0,13	985	131	0,004	29 609	111	0,09	2 629	248	4,6	32	149
13	9 329	0,005	17	0,09	0,003	170	0,54	0,14	985	143	0,004	29 609	121	0,11	2 629	277	5,1	32	163
14	10 438	0,006	17	0,09	0,004	170	0,58	0,16	985	154	0,004	29 609	131	0,12	2 629	306	5,5	32	175
15	11 546	0,006	17	0,10	0,004	170	0,62	0,17	985	164	0,005	29 609	139	0,13	2 629	335	5,8	32	187
16	12 655	0,006	17	0,10	0,004	170	0,64	0,17	985	169	0,005	29 609	144	0,14	2 629	363	6,0	32	193
Konttialukset																			
Syväys	Teho			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk
m	kW	euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk	
5	3 271																		
6	4 422	0,006	17	0,09	0,002	170	0,35	0,07	985	72	0,002	29 609	47	0,06	2 629	159	3,4	32	108
7	5 136	0,006	17	0,11	0,002	170	0,40	0,08	985	83	0,002	29 609	54	0,07	2 629	186	3,9	32	124
8	6 324	0,005	17	0,08	0,003	170	0,51	0,14	985	135	0,004	29 609	114	0,10	2 629	255	4,8	32	154
9	10 226	0,006	17	0,10	0,004	170	0,61	0,16	985	160	0,005	29 609	136	0,12	2 629	323	5,7	32	183
10	13 875	0,007	17	0,12	0,005	170	0,75	0,20	985	196	0,006	29 609	167	0,17	2 629	436	7,0	32	224
11	17 362	0,009	17	0,15	0,006	170	0,90	0,24	985	238	0,007	29 609	202	0,21	2 629	548	8,5	32	272
12	18 318	0,010	17	0,17	0,007	170	1,05	0,28	985	278	0,008	29 609	236	0,24	2 629	639	9,9	32	317
13	36 730	0,019	17	0,32	0,013	170	2,02	0,54	985	532	0,015	29 609	451	0,47	2 629	1 222	18,9	32	606
14	45 515	0,023	17	0,39	0,015	170	2,42	0,65	985	637	0,018	29 609	541	0,56	2 629	1 465	22,6	32	726
LoLo -alukset																			
Syväys	Teho			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk
m	kW	euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk	
4	1 453	0,002	17	0,03	0,001	170	0,10	0,02	985	21	0,000	29 609	13	0,02	2 629	42	1,0	32	31
5	1 944	0,002	17	0,04	0,001	170	0,13	0,03	985	28	0,001	29 609	18	0,02	2 629	57	1,3	32	42
6	2 601	0,003	17	0,05	0,001	170	0,20	0,04	985	42	0,001	29 609	27	0,03	2 629	88	1,9	32	62
7	3 480	0,004	17	0,07	0,002	170	0,27	0,06	985	56	0,001	29 609	36	0,05	2 629	120	2,6	32	83
8	4 656	0,003	17	0,06	0,002	170	0,35	0,09	985	93	0,003	29 609	79	0,06	2 629	163	3,3	32	106
9	6 229	0,004	17	0,07	0,003	170	0,46	0,12	985	122	0,004	29 609	104	0,08	2 629	221	4,3	32	139
10	8 335	0,005	17	0,08	0,003	170	0,52	0,14	985	138	0,004	29 609	117	0,10	2 629	261	4,9	32	157
RoRo -alukset																			
Syväys	Teho			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk
m	kW	euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk	
5	7 137	0,006	17	0,11	0,003	170	0,41	0,09	985	85	0,002	29 609	55	0,07	2 629	192	3,9	32	127
6	9 374	0,009	17	0,15	0,003	170	0,55	0,12	985	114	0,002	29 609	74	0,11	2 629	283	5,3	32	170
7	11 611	0,006	17	0,11	0,004	170	0,66	0,18	985	173	0,005	29 609	147	0,14	2 629	357	6,1	32	197
8	13 847	0,007	17	0,12	0,005	170	0,73	0,20	985	193	0,006	29 609	164	0,16	2 629	431	6,8	32	220
9	16 084	0,008	17	0,13	0,005	170	0,82	0,22	985	216	0,006	29 609	183	0,19	2 629	496	7,7	32	246
Säiliöalukset																			
Syväys	Teho			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk			t/vrk
m	kW	euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk		euro/t	euro/vrk	
5	2 221	0,002	17	0,04	0,001	170	0,14	0,03	985	30	0,001	29 609	19	0,02	2 629	62	1,4	32	45
6	2 701	0,003	17	0,05	0,001	170	0,18	0,04	985	38	0,001	29 609	25	0,03	2 629	81	1,8	32	57
7	3 284	0,004	17	0,06	0,001	170	0,24	0,05	985	50	0,001	29 609	32	0,04	2 629	105	2,3	32	74
8	3 993	0,003	17	0,05	0,002	170	0,29	0,08	985	77	0,002	29 609	65	0,05	2 629	132	2,7	32	88
9	4 856	0,003	17	0,06	0,002	170	0,36	0,10	985	94	0,003	29 609	80	0,06	2 629	165	3,3	32	107
10	5 905	0,004	17	0,07	0,003	170	0,43	0,12	985	114	0,003	29 609	97	0,08	2 629	206	4,0	32	130
11	7 180	0,005	17	0,08	0,003	170	0,49	0,13	985	130	0,004	29 609	110	0,09	2 629	241	4,6	32	148
12	8 731	0,005	17	0,09	0,003	170	0,54	0,15	985	143	0,004	29 609	122	0,11	2 629	281	5,1	32	163
13	10 617	0,006	17	0,10	0,004	170	0,61	0,16	985	160	0,005	29 609	136	0,12	2 629	322	5,7	32	183
14	12 911	0,006	17	0,11	0,004	170	0,67	0,18	985	177	0,005	29 609	150	0,14	2 629	370	6,3	32	202
15	15 699	0,007	17	0,12	0,005	170	0,73	0,20	985	193	0,006	29 609	164	0,16	2 629	425	6,8	32	220
16	19 090	0,008	17	0,13	0,005	170	0,81	0,22	985	212	0,006	29 609	180	0,19	2 629	488	7,5	32	242

⁶ Epälineaarisuudet komponenttikohtaisissa ympäristökustannuksissa (esim. CO) johtuvat siitä, että tietyssä syväysluokassa koneiden tyyppi muuttuu 4-tahtisesta 2-tahtiseen, joka puolestaan vaikuttaa aluksen ominaispäästökertoimiin.

Ympäristökustannukset 2001

(vuoden 2000 rahassa)

Sisävesiväylät

(kaikkia laivatyyppä ei liikennöi sisävesiväyillä vrt. Taulukko 4-1)

Kuivabulk -alukset		CO			HC			NOx			PM			SO2			CO2		
		päästöt	ymp.	kustannus	päästöt	ymp.	kustannus	päästöt	ymp.	kustannus	päästöt	ymp.	kustannus	päästöt	ymp.	kustannus	päästöt	ymp.	kustannus
Syväys	Teho																		
m	kW	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	mk/t	mk/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk
8	3 787	0,055	23	1,3	0,04	954	34	1,5	606	926	0,04	12 114	523	0,31	891	274	53	32	1 715
9	4 895	0,070	23	1,6	0,05	954	44	2,0	606	1 197	0,06	12 114	676	0,41	891	364	69	32	2 218
10	6 004	0,086	23	2,0	0,06	954	54	2,4	606	1 468	0,07	12 114	829	0,48	891	430	85	32	2 720
11	7 112	0,102	23	2,4	0,07	954	64	2,9	606	1 739	0,08	12 114	982	0,56	891	495	100	32	3 222
12	8 221	0,118	23	2,7	0,08	954	74	3,3	606	2 010	0,09	12 114	1 135	0,63	891	560	116	32	3 724
13	9 329	0,134	23	3,1	0,09	954	84	3,8	606	2 280	0,11	12 114	1 288	0,70	891	625	132	32	4 226
14	10 438	0,150	23	3,5	0,10	954	94	4,2	606	2 551	0,12	12 114	1 441	0,78	891	691	147	32	4 728
15	11 546	0,166	23	3,9	0,11	954	104	4,7	606	2 822	0,13	12 114	1 595	0,85	891	756	163	32	5 231
16	12 655	0,182	23	4,2	0,12	954	114	5,1	606	3 093	0,14	12 114	1 748	0,92	891	821	179	32	5 733
Konttialukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
5	3 271																		
6	4 422	0,106	23	2,5	0,04	954	40	1,4	606	855	0,03	12 114	366	0,40	891	360	64	32	2 070
7	5 136	0,099	23	2,3	0,05	954	46	1,9	606	1 124	0,05	12 114	567	0,47	891	420	74	32	2 365
8	8 324	0,120	23	2,8	0,08	954	75	3,4	606	2 035	0,09	12 114	1 150	0,65	891	576	117	32	3 771
9	10 226	0,147	23	3,4	0,10	954	92	4,1	606	2 500	0,12	12 114	1 412	0,82	891	729	144	32	4 632
10	13 875	0,200	23	4,6	0,13	954	125	5,6	606	3 392	0,16	12 114	1 916	1,11	891	985	196	32	6 285
11	17 362	0,250	23	5,8	0,16	954	156	7,0	606	4 244	0,20	12 114	2 398	1,39	891	1 238	245	32	7 865
12	18 318	0,264	23	6,1	0,17	954	164	7,4	606	4 478	0,21	12 114	2 530	1,62	891	1 443	258	32	8 298
13	36 730	0,529	23	12,3	0,35	954	330	14,8	606	8 978	0,42	12 114	5 072	3,10	891	2 761	518	32	16 639
14	45 515	0,655	23	15,2	0,43	954	409	18,4	606	11 126	0,52	12 114	6 286	3,72	891	3 310	642	32	20 619
LoLo -alukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
4	1 453	0,035	23	0,8	0,01	954	13	0,5	606	281	0,01	12 114	120	0,11	891	95	21	32	680
5	1 944	0,047	23	1,1	0,02	954	17	0,6	606	376	0,01	12 114	161	0,14	891	128	28	32	910
6	2 601	0,062	23	1,4	0,02	954	23	0,8	606	503	0,02	12 114	215	0,22	891	199	38	32	1 217
7	3 480	0,084	23	1,9	0,03	954	31	1,1	606	673	0,02	12 114	288	0,30	891	270	51	32	1 629
8	4 656	0,089	23	2,1	0,04	954	42	1,7	606	1 019	0,04	12 114	514	0,41	891	367	67	32	2 144
9	6 229	0,090	23	2,1	0,06	954	56	2,5	606	1 523	0,07	12 114	860	0,56	891	499	88	32	2 822
10	8 335	0,120	23	2,8	0,08	954	75	3,4	606	2 037	0,10	12 114	1 151	0,66	891	590	118	32	3 776
RoRo -alukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
5	7 137	0,171	23	4,0	0,07	954	64	2,3	606	1 380	0,05	12 114	591	0,49	891	434	104	32	3 341
6	9 374	0,225	23	5,2	0,09	954	84	3,0	606	1 812	0,06	12 114	777	0,72	891	640	137	32	4 388
7	11 611	0,223	23	5,2	0,11	954	104	4,2	606	2 541	0,11	12 114	1 283	0,91	891	807	167	32	5 347
8	13 847	0,199	23	4,6	0,13	954	124	5,6	606	3 385	0,16	12 114	1 912	1,09	891	974	195	32	6 273
9	16 084	0,232	23	5,4	0,15	954	144	6,5	606	3 932	0,18	12 114	2 221	1,26	891	1 121	227	32	7 286
Säiliöalukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
5	2 221	0,053	23	1,2	0,02	954	20	0,7	606	429	0,02	12 114	184	0,16	891	140	32	32	1 040
6	2 701	0,065	23	1,5	0,03	954	24	0,9	606	522	0,02	12 114	224	0,20	891	182	39	32	1 264
7	3 284	0,079	23	1,8	0,03	954	29	1,0	606	635	0,02	12 114	272	0,27	891	238	48	32	1 537
8	3 993	0,077	23	1,8	0,04	954	36	1,4	606	874	0,04	12 114	441	0,33	891	297	57	32	1 839
9	4 856	0,070	23	1,6	0,05	954	44	2,0	606	1 187	0,06	12 114	671	0,42	891	372	69	32	2 200
10	5 905	0,085	23	2,0	0,06	954	53	2,4	606	1 443	0,07	12 114	815	0,52	891	465	83	32	2 675
11	7 180	0,103	23	2,4	0,07	954	64	2,9	606	1 755	0,08	12 114	992	0,61	891	543	101	32	3 253
12	8 731	0,126	23	2,9	0,08	954	78	3,5	606	2 134	0,10	12 114	1 206	0,71	891	635	123	32	3 955
13	10 617	0,153	23	3,5	0,10	954	95	4,3	606	2 595	0,12	12 114	1 466	0,82	891	728	150	32	4 810
14	12 911	0,186	23	4,3	0,12	954	116	5,2	606	3 156	0,15	12 114	1 783	0,94	891	836	182	32	5 849
15	15 699	0,226	23	5,2	0,15	954	141	6,3	606	3 838	0,18	12 114	2 168	1,08	891	960	222	32	7 112
16	19 090	0,275	23	6,4	0,18	954	171	7,7	606	4 666	0,22	12 114	2 636	1,24	891	1 102	269	32	8 648

Ympäristökustannukset 2001
(vuoden 2000 rahassa)
Rannikkoväylät

		CO			HC			NOx			PM			SO2			CO2		
Kuivabulk -alukset		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus	
Syväys	Teho																		
m	kW	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk
8	3 787	0,05	1,8	0,1	0,04	120	4,3	1,53	354	540	0,04	6 826	295	0,31	651	200	53	32	1 715
9	4 895	0,07	1,8	0,1	0,05	120	5,5	1,98	354	699	0,06	6 826	381	0,41	651	266	69	32	2 218
10	6 004	0,09	1,8	0,2	0,06	120	6,8	2,42	354	857	0,07	6 826	467	0,48	651	314	85	32	2 720
11	7 112	0,10	1,8	0,2	0,07	120	8,0	2,87	354	1 015	0,08	6 826	553	0,56	651	361	100	32	3 222
12	8 221	0,12	1,8	0,2	0,08	120	9,3	3,32	354	1 173	0,09	6 826	640	0,63	651	409	116	32	3 724
13	9 329	0,13	1,8	0,2	0,09	120	10,5	3,76	354	1 332	0,11	6 826	726	0,70	651	457	132	32	4 226
14	10 438	0,15	1,8	0,3	0,10	120	11,8	4,21	354	1 490	0,12	6 826	812	0,78	651	504	147	32	4 728
15	11 546	0,17	1,8	0,3	0,11	120	13,1	4,66	354	1 648	0,13	6 826	899	0,85	651	552	163	32	5 231
16	12 655	0,18	1,8	0,3	0,12	120	14,3	5,11	354	1 806	0,14	6 826	985	0,92	651	600	179	32	5 733
Konttialukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
5	3 271																		
6	4 422	0,11	1,8	0,2	0,04	120	5,0	1,41	354	499	0,03	6 826	206	0,40	651	263	64	32	2 070
7	5 136	0,10	1,8	0,2	0,05	120	5,8	1,86	354	656	0,05	6 826	320	0,47	651	307	74	32	2 365
8	8 324	0,12	1,8	0,2	0,08	120	9,4	3,36	354	1 188	0,09	6 826	648	0,65	651	421	117	32	3 771
9	10 226	0,15	1,8	0,3	0,10	120	11,6	4,13	354	1 459	0,12	6 826	796	0,82	651	532	144	32	4 632
10	13 875	0,20	1,8	0,4	0,13	120	15,7	5,60	354	1 980	0,16	6 826	1 080	1,11	651	720	196	32	6 285
11	17 362	0,25	1,8	0,4	0,16	120	19,6	7,01	354	2 478	0,20	6 826	1 351	1,39	651	904	245	32	7 865
12	18 318	0,26	1,8	0,5	0,17	120	20,7	7,39	354	2 614	0,21	6 826	1 425	1,62	651	1 054	258	32	8 298
13	36 730	0,53	1,8	0,9	0,35	120	41,5	14,82	354	5 242	0,42	6 826	2 858	3,10	651	2 017	518	32	16 639
14	45 515	0,66	1,8	1,2	0,43	120	51,5	18,37	354	6 496	0,52	6 826	3 542	3,72	651	2 417	642	32	20 619
LoLo -alukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
4	1 453	0,03	1,8	0,1	0,01	120	1,6	0,46	354	164	0,01	6 826	68	0,11	651	70	21	32	680
5	1 944	0,05	1,8	0,1	0,02	120	2,2	0,62	354	219	0,01	6 826	91	0,14	651	94	28	32	910
6	2 601	0,06	1,8	0,1	0,02	120	2,9	0,83	354	294	0,02	6 826	121	0,22	651	145	38	32	1 217
7	3 480	0,08	1,8	0,1	0,03	120	3,9	1,11	354	393	0,02	6 826	162	0,30	651	197	51	32	1 629
8	4 656	0,09	1,8	0,2	0,04	120	5,3	1,68	354	595	0,04	6 826	290	0,41	651	268	67	32	2 144
9	6 229	0,09	1,8	0,2	0,06	120	7,0	2,51	354	889	0,07	6 826	485	0,56	651	364	88	32	2 822
10	8 335	0,12	1,8	0,2	0,08	120	9,4	3,36	354	1 190	0,10	6 826	649	0,66	651	431	118	32	3 776
RoRo -alukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
5	7 137	0,17	1,8	0,3	0,07	120	8,1	2,28	354	806	0,05	6 826	333	0,49	651	317	104	32	3 341
6	9 374	0,22	1,8	0,4	0,09	120	10,6	2,99	354	1 058	0,06	6 826	438	0,72	651	467	137	32	4 388
7	11 611	0,22	1,8	0,4	0,11	120	13,1	4,20	354	1 484	0,11	6 826	723	0,91	651	589	167	32	5 347
8	13 847	0,20	1,8	0,4	0,13	120	15,7	5,59	354	1 976	0,16	6 826	1 078	1,09	651	711	195	32	6 273
9	16 084	0,23	1,8	0,4	0,15	120	18,2	6,49	354	2 296	0,18	6 826	1 252	1,26	651	819	227	32	7 286
Säiliöalukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
5	2 221	0,05	1,8	0,1	0,02	120	2,5	0,71	354	251	0,02	6 826	104	0,16	651	102	32	32	1 040
6	2 701	0,06	1,8	0,1	0,03	120	3,1	0,86	354	305	0,02	6 826	126	0,20	651	133	39	32	1 264
7	3 284	0,08	1,8	0,1	0,03	120	3,7	1,05	354	371	0,02	6 826	153	0,27	651	174	48	32	1 537
8	3 993	0,08	1,8	0,1	0,04	120	4,5	1,44	354	510	0,04	6 826	249	0,33	651	217	57	32	1 839
9	4 856	0,07	1,8	0,1	0,05	120	5,5	1,96	354	693	0,06	6 826	378	0,42	651	272	69	32	2 200
10	5 905	0,09	1,8	0,2	0,06	120	6,7	2,38	354	843	0,07	6 826	460	0,52	651	340	83	32	2 675
11	7 180	0,10	1,8	0,2	0,07	120	8,1	2,90	354	1 025	0,08	6 826	559	0,61	651	397	101	32	3 253
12	8 731	0,13	1,8	0,2	0,08	120	9,9	3,52	354	1 246	0,10	6 826	679	0,71	651	463	123	32	3 955
13	10 617	0,15	1,8	0,3	0,10	120	12,0	4,28	354	1 515	0,12	6 826	826	0,82	651	532	150	32	4 810
14	12 911	0,19	1,8	0,3	0,12	120	14,6	5,21	354	1 843	0,15	6 826	1 005	0,94	651	611	182	32	5 849
15	15 699	0,23	1,8	0,4	0,15	120	17,7	6,34	354	2 241	0,18	6 826	1 222	1,08	651	701	222	32	7 112
16	19 090	0,27	1,8	0,5	0,18	120	21,6	7,70	354	2 725	0,22	6 826	1 486	1,24	651	805	269	32	8 648

Ympäristökustannukset 2001
(vuoden 2000 rahassa)
Avomeriväylät

		CO			HC			NOx			PM			SO2			CO2		
		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus		päästöt	ymp. kustannus	
Kulvabulk -alukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk	t/vrk	mk/t	mk/vrk	t/vrk	euro/t	euro/vrk
8	3 787	0,05	0,38	0,02	0,04	120	4,28	1,53	290	444	0,04	4 138	179	0,31	433	133	53	32	1 715
9	4 895	0,07	0,38	0,03	0,05	120	5,53	1,98	290	573	0,06	4 138	231	0,41	433	177	69	32	2 218
10	6 004	0,09	0,38	0,03	0,06	120	6,79	2,42	290	703	0,07	4 138	283	0,48	433	209	85	32	2 720
11	7 112	0,10	0,38	0,04	0,07	120	8,04	2,87	290	833	0,08	4 138	336	0,56	433	240	100	32	3 222
12	8 221	0,12	0,38	0,04	0,08	120	9,29	3,32	290	963	0,09	4 138	388	0,63	433	272	116	32	3 724
13	9 329	0,13	0,38	0,05	0,09	120	10,55	3,76	290	1 093	0,11	4 138	440	0,70	433	304	132	32	4 226
14	10 438	0,15	0,38	0,06	0,10	120	11,80	4,21	290	1 222	0,12	4 138	492	0,78	433	336	147	32	4 728
15	11 546	0,17	0,38	0,06	0,11	120	13,05	4,66	290	1 352	0,13	4 138	545	0,85	433	367	163	32	5 231
16	12 655	0,18	0,38	0,07	0,12	120	14,31	5,11	290	1 482	0,14	4 138	597	0,92	433	399	179	32	5 733
Konttialukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
5	3 271																		
6	4 422	0,11	0,38	0,04	0,04	120	5,00	1,41	290	410	0,03	4 138	125	0,40	433	175	64	32	2 070
7	5 136	0,10	0,38	0,04	0,05	120	5,81	1,86	290	539	0,05	4 138	194	0,47	433	204	74	32	2 365
8	8 324	0,12	0,38	0,05	0,08	120	9,41	3,36	290	975	0,09	4 138	393	0,65	433	280	117	32	3 771
9	10 226	0,15	0,38	0,06	0,10	120	11,66	4,13	290	1 198	0,12	4 138	482	0,82	433	354	144	32	4 632
10	13 875	0,20	0,38	0,08	0,13	120	15,69	5,60	290	1 625	0,16	4 138	655	1,11	433	479	196	32	6 285
11	17 362	0,25	0,38	0,09	0,16	120	19,63	7,01	290	2 033	0,20	4 138	819	1,39	433	602	245	32	7 865
12	18 318	0,26	0,38	0,10	0,17	120	20,71	7,39	290	2 145	0,21	4 138	864	1,62	433	701	258	32	8 298
13	36 730	0,53	0,38	0,20	0,35	120	41,53	14,82	290	4 302	0,42	4 138	1 733	3,10	433	1 342	518	32	16 639
14	45 515	0,66	0,38	0,25	0,43	120	51,46	18,37	290	5 331	0,52	4 138	2 147	3,72	433	1 608	642	32	20 619
LoLo -alukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
4	1 453	0,03	0,38	0,01	0,01	120	1,64	0,46	290	135	0,01	4 138	41	0,11	433	46	21	32	680
5	1 944	0,05	0,38	0,02	0,02	120	2,20	0,62	290	180	0,01	4 138	55	0,14	433	62	28	32	910
6	2 601	0,06	0,38	0,02	0,02	120	2,94	0,83	290	241	0,02	4 138	74	0,22	433	97	38	32	1 217
7	3 480	0,08	0,38	0,03	0,03	120	3,93	1,11	290	322	0,02	4 138	98	0,30	433	131	51	32	1 629
8	4 656	0,09	0,38	0,03	0,04	120	5,26	1,68	290	488	0,04	4 138	176	0,41	433	178	67	32	2 144
9	6 229	0,09	0,38	0,03	0,06	120	7,04	2,51	290	730	0,07	4 138	294	0,56	433	242	88	32	2 822
10	8 335	0,12	0,38	0,05	0,08	120	9,42	3,36	290	976	0,10	4 138	393	0,66	433	287	118	32	3 776
RoRo -alukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
5	7 137	0,17	0,38	0,06	0,07	120	8,07	2,28	290	661	0,05	4 138	202	0,49	433	211	104	32	3 341
6	9 374	0,22	0,38	0,08	0,09	120	10,60	2,99	290	868	0,06	4 138	265	0,72	433	311	137	32	4 388
7	11 611	0,22	0,38	0,08	0,11	120	13,13	4,20	290	1 218	0,11	4 138	438	0,91	433	392	167	32	5 347
8	13 847	0,20	0,38	0,08	0,13	120	15,66	5,59	290	1 622	0,16	4 138	653	1,09	433	473	195	32	6 273
9	16 084	0,23	0,38	0,09	0,15	120	18,18	6,49	290	1 884	0,18	4 138	759	1,26	433	545	227	32	7 286
Säiliöalukset																			
Syväys	Teho																		
m	kW																		
5	2 221	0,05	0,38	0,02	0,02	120	2,51	0,71	290	206	0,02	4 138	63	0,16	433	68	32	32	1 040
6	2 701	0,06	0,38	0,02	0,03	120	3,05	0,86	290	250	0,02	4 138	76	0,20	433	88	39	32	1 264
7	3 284	0,08	0,38	0,03	0,03	120	3,71	1,05	290	304	0,02	4 138	93	0,27	433	116	48	32	1 537
8	3 993	0,08	0,38	0,03	0,04	120	4,51	1,44	290	419	0,04	4 138	151	0,33	433	145	57	32	1 839
9	4 856	0,07	0,38	0,03	0,05	120	5,49	1,96	290	569	0,06	4 138	229	0,42	433	181	69	32	2 200
10	5 905	0,09	0,38	0,03	0,06	120	6,68	2,38	290	692	0,07	4 138	279	0,52	433	226	83	32	2 675
11	7 180	0,10	0,38	0,04	0,07	120	8,12	2,90	290	841	0,08	4 138	339	0,61	433	284	101	32	3 253
12	8 731	0,13	0,38	0,05	0,08	120	9,87	3,52	290	1 023	0,10	4 138	412	0,71	433	308	123	32	3 955
13	10 617	0,15	0,38	0,06	0,10	120	12,00	4,28	290	1 243	0,12	4 138	501	0,82	433	354	150	32	4 810
14	12 911	0,19	0,38	0,07	0,12	120	14,60	5,21	290	1 512	0,15	4 138	609	0,94	433	406	182	32	5 849
15	15 699	0,23	0,38	0,09	0,15	120	17,75	6,34	290	1 839	0,18	4 138	741	1,08	433	466	222	32	7 112
16	19 090	0,27	0,38	0,10	0,18	120	21,58	7,70	290	2 236	0,22	4 138	901	1,24	433	535	269	32	8 648